

ВРЕМЯ-РАЗРЕШЕННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ YAG:Ce³⁺, Tb³⁺ ЛЮМИНОФОРОВ

Валиев Д.Т.¹, Ваганов В.А., Степанов С.А., Пайгин В.Д.¹

¹) Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск, Россия

*E-mail: dtdamirka@gmail.com

TIME-RESOLVED LUMINESCENCE OF YAG:Ce³⁺, Tb³⁺ PHOSPHORS

Valiev D.¹, Vaganov V.¹, Stepanov S.¹, Paygin V.¹

¹) National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

The Ce³⁺, Tb³⁺ doped yttrium aluminum garnet phosphors were synthesized by high-temperature solid-state reaction method under reducing atmosphere. The preparation with this method requires repeated cycles of heating processes at high temperature up to 1600 °C to reinforce the interdiffusion and achieve a uniform single phase and homogeneity of the alloy. The luminescence properties of YAG:Ce³⁺, Tb³⁺ under excitation with a pulsed electron beam in nano- and millisecond time ranges were studied. The nature of luminescence centers of phosphors under radiation-induced influence is discussed.

Активные исследования в области получения люминофоров для источников белого света за последние 5 лет существенно выросли [1, 2]. Разработка технологии синтеза таких материалов и их комплексная характеристика на сегодняшний день является актуальной с позиции дальнейшего применения в области фотоники и световой инженерии. Для управления свойствами люминесцентных материалов необходимы фундаментальные знания особенностей динамики электронных возбуждений в исходных матрицах различного состава. Введение катиономодификаторов позволяет изменять физико-химические свойства люминофоров, влияет на структуру матрицы, и, соответственно, на распределение ионов-активаторов, что в свою очередь, определяет совокупность излучательных и безызлучательных процессов переноса энергии возбуждения [3, 4]. Исследование спектрально-люминесцентных свойств материалов с временным разрешением является в данном случае основополагающим, позволяющим детально изучить изменение спектрального состава, кинетику процесса релаксации.

Работа посвящена синтезу люминофоров на основе алюмоиттриевого граната (ИАГ) допированных ионами церия, тербия и комплексной характеристике как структурных, так и спектрально-люминесцентных характеристик.

Люминофоры на основе ИАГ, допированные (CeO₂, Tb₄O₇) переменной концентрации были получены в Чунцинском университете искусств и науки (Чунцин, Китай) методом твердофазного синтеза. Все реагенты представляли собой химически чистые порошки оксидов Al₂O₃ (99,99%), Y₂O₃ (99,99%), CeO₂ (99,99%), Tb₄O₇ (99,99%), сверх шихты использовали спекающий модификатор BaF₂. Все исходные материалы были смешаны в определенном соотношении Y_{3-x}: Al₅: xTb и Y_{3-x}: Al₅: xTb + 0,06Ce, (x = 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,08 и 0,1).

Полученная смесь с добавлением спирта перемешивалась в течение 6 часов во вращательном устройстве. Затем образцы порошков подвергались двухстадийной сушке при 120 °С и при 800 °С в течение двух часов. Далее проводилась высокотемпературная обработка в печи при температуре 1600 °С в течение 12 часов, и затем при температуре 550 °С в течение 4 часов. После термообработки все образцы измельчались для придания гомогенности порошку.

Для возбуждения образцов использовали малогабаритный сильноточный ускоритель электронов, входящий в состав импульсного оптического спектрометра со следующими характеристиками: средняя энергия электронов 250 кэВ, длительность электронного импульса на полувысоте 10–15 нс. Регистрация интегральных спектров импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) в миллисекундном диапазоне осуществлялась с помощью волоконного спектрометра AvaSpec 2048 (350–1100 нм). Спектры в наносекундном временном диапазоне и кинетика затухания свечения регистрировалась с помощью монохроматора МДР-3, фотоэлектронного умножителя 84-6 с помощью осциллографа LeCROY 6030A. Энергетическая эффективность люминесценции люминофоров была измерена с помощью интегрирующей сферы, которая была подключена к спектрометру - AvaSpec-3648, и светодиодному чипу с параметрами: $\lambda = 447$ нм, 16 мВт.

Было установлено, что спектральный состав полученных керамик меняется со временем после окончания действия импульса возбуждения. В наносекундном временном диапазоне регистрируются полосы свечения в области 450–700 нм. Серия полос люминесценции проявляется в миллисекундном временном диапазоне. Данные полосы люминесценции обусловлены переходами в ионе тербия: $^5D_3-^7F_6$ (380 нм), $^5D_3-^7F_5$ (414 нм), $^5D_3-^7F_4$ (437 нм), $^5D_4-^7F_6$ (490 нм), $^5D_4-^7F_5$ (544 нм), $^5D_4-^7F_4$ (588 нм), $^5D_4-^7F_3$ (620 нм) [4]. Кинетика затухания люминесценции регистрировалась в основных полосах ИКЛ для всех образцов керамики. В работе обсуждается природа центров свечения при радиационно-индуцированном воздействии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 18-43-703014

1. 1. N. Yeh, T. Ding , P. Yeh, Ren. and Sustain. Energy Rev. **51** (2015)
2. 2. Z. Xia and A. Meijerink, Chem. Society Rev., **46** (2016)
3. 3. Y. Onishi, T. Nakamura, S. Adachi, J. Lumin. **192** (2017)
4. 4. X. Yia, S. Zhoua, C. Chena, H. Lin, Y. Feng, K. Wang, Y. Ni, Cer. Intern. **140** (2014)